

## **KLEINGEWÄSSER IN DER REGION RIEDERALP UND GREICHERALP (ALETSCHGEBIET, VS)**

von Ferdinand Schanz<sup>1</sup>

### **RÉSUMÉ**

#### **Etudes chimique et biologique de cinq mares de Riederalp-Greicheralp (Région d'Aletsch, VS)**

Cinq mares de la région de Riederalp-Greicheralp ont été étudiées chimiquement et biologiquement pendant la période de 1976 jusqu'à 1982. Pendant la période de végétation de 1980, nous avons effectué des observations concernant le développement quantitatif et qualitatif des macrophytes et des algues. La production des mares était aussi grande que celle de certains lacs. L'activité diurne de la photosynthèse différerait considérablement entre une mare où ne se développait que du phytoplancton et une autre où croissaient des macrophytes. Deux mares polluées par du purin de bovin différaient considérablement des autres.

### **EINLEITUNG**

Bei den von uns untersuchten Gewässern handelt es sich um perennierende Tümpel mit kleiner Oberfläche. Die geringe Tiefe hat zur Folge, dass einige Tümpel im Winter bis zum Grund durchfrieren. Der Zeitraum für aktives Leben ist deshalb sehr kurz (FRANZ, 1979). PESTA (1935, 1952) hat sich eingehend mit Hochgebirgstümpeln befasst und vor allem Studien zur Thermik und zur Ökologie publiziert. Zum Tagesverlauf der Temperatur, des pH-Wertes, des Sauerstoff- und des Kohlendioxid-Gehaltes in Seichtgewässern liegt eine Arbeit von CERNY (1948) vor. Algenbiozönosen von alpinen Tümpeln und Kleinseen beschreiben MESSIKOMMER (1942, 1951) und SCHANZ (1983). Die vorhandene Literatur zeigt deutlich, dass unsere Kenntnisse bezüglich der physikalischen, chemischen und

---

<sup>1</sup> Limnologische Station der Universität Zürich, Seestr. 187, 8802 Kilchberg.

biologischen Vielfalt noch sehr mangelhaft sind. Ausserdem ist über den Jahresverlauf einzelner Parameter wenig bekannt.

Untersuchungen von Tümpeln im Aletschgebiet, die 1976 begonnen wurden, sollten diese Lücken schliessen helfen. Frau Manuela Schneider übernahm es im Rahmen einer Diplomarbeit, die vorerst nur einmal jährlich durchgeführten Untersuchungen während des Sommers 1980 intensiv voranzutreiben. Die Resultate (SCHNEIDER, 1981) bilden – zusammen mit den Ergebnissen der eigenen Forschung – die Grundlagen für die vorliegende Publikation.

Im folgenden wird auf eine ausführliche Beschreibung der Methodik verzichtet; diesbezügliche Angaben findet man bei SCHNEIDER (1981) und SCHANZ (1983).

## BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN GEWÄSSER

### Lage und Grösse

Die Lage entnehme man Abb. 1 und Tab. 1. Ein Tümpel (Flesch; 1855 m ü.M.) befindet sich südlich der Greicheralp; vier Tümpel liegen zwischen dem Grossen Putz (2192 m ü.M.) und dem Breite Bode (2233 m ü.M.) südlich der Krete, die von der Riederfurka langsam gegen das Sparrhorn ansteigt. Tab. 1 zeigt, dass sich die untersuchten Kleingewässer bezüglich Oberfläche (Minimum 43, Maximum 783 m<sup>2</sup>), mittlerer Tiefe (Min. 0.2, Max. 1.0 m) und Volumen (Min. 8.6, Max. 392 m<sup>3</sup>) stark unterscheiden.

### Geologie; Untergrund der Tümpel

Das Untersuchungsgebiet liegt geologisch am Rande des Aarmassivs. Zwischen Riederfurka, Blausee und Moosfluh befindet sich hauptsächlich grobporphyrischer Granitgneis (ZBINDEN, 1949). Durch die Erosion vor der Eiszeit bildete sich auf dem Grat zwischen dem Riederhorn und dem Eggishorn ein Massiv aus vorwiegend kristallinem Schiefer; durch glaziale Erosion wurde eine Rundbuckellandschaft geschaffen. Der Untergrund der Tümpel besteht jedoch selten aus anstehendem Fels; meist handelt es sich um einen mehrere Dezimeter mächtigen Schlamm, der von Algen, Moosen oder Blütenpflanzen überzogen sein kann.

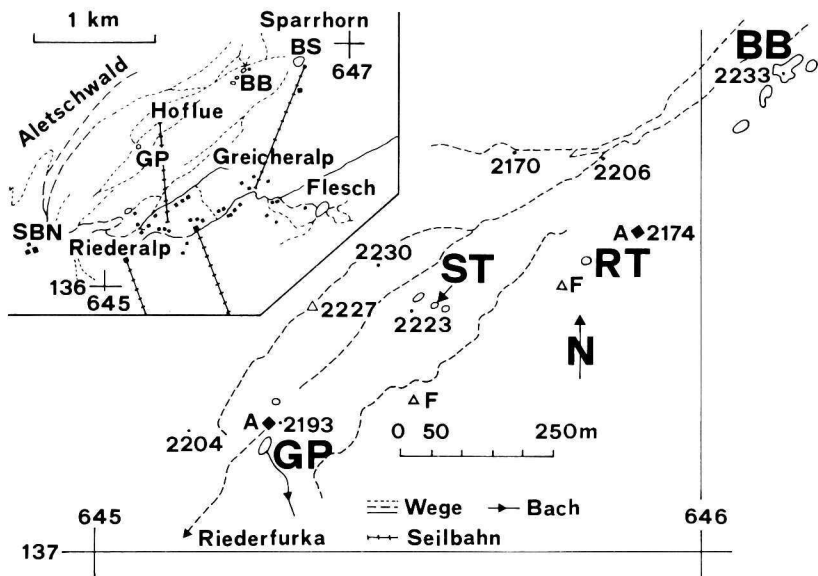


Abb. 1. Übersicht über die Lage der untersuchten Tümpel im Raum Hoflue-Greicheralp-Riederalp (oben links) und Spezielle Lage der vier Tümpel im Raum der Hoflue (rechts).

*Situation des étangs dans la région de Hoflue-Greicheralp-Riederalp (en haut à gauche) et positions des quatre étangs de Hoflue (à droite).*

A = Alphütte; BB = Breite Bode-Tümpel; BS = Blausee; F = markanter Felsblock; GP = Grosser Putz; RT = Rinder-Tümpel; SBN = Zentrum des Schweiz. Bundes für Naturschutz; ST = Sparganium-Tümpel; Abb. oben links: nach Landeskarte Blatt 1269; Abb. rechts: nach Karte Aletschgletscher (Blatt 3, 1960) der Eidg. Landestopographie.

## Physikalische und chemische Eigenschaften

### a) Physikalische Eigenschaften

#### Temperatur:

Es konnten tageszeitliche Schwankungen der Wassertemperatur bis 15° C gemessen werden. Am Morgen war nie eine Schichtung feststellbar; es darf deshalb angenommen werden, dass jede Nacht Vollzirkulation stattfand. Bei starker Einstrahlung bildete sich während des Tages ein steiler Temperaturgradient aus (bis 20° C/m), der sich mit zunehmender Abkühlung am Abend wieder abbaute.

Bezeichnung <i>Désignation</i>	Abkürzung <i>Abréviation</i>	Koordinaten <i>Coordonnées</i>	Meereshöhe <i>Altitude m ü.M.</i>	Oberfläche <i>Surface m²</i>	Max. Tiefe <i>Prof. max. m</i>	Mitt. Tiefe <i>Prof. moyenne m</i>	Volumen <i>Volume m³</i>
Grosser Putz	GP	645 280/137 180	2192	295	1	0.4	118
Sparganium-Tümpel	ST	645 560/137 410	2215	90	0.4	0.3	27
Rindertümpel	RT	645 810/137 490	2178	43	0.3	0.2	8.6
Breite Bode	BB	646 130/137 800	2233	783	1.2	0.5	392
Flesch	FL	646 800/136 675	1855	50	1.7	1.0	50

Tab. 1. Untersuchte Gewässer im Gebiet der Hoflue (Riederalp) und bei Flesch (S Greicheralp).

*Les étangs étudiés dans la région de Hoflue (Riederalp) et à Flesch (au sud de Greicheralp).*

		Grosser Putz		Sparganium-T			Rinder-T			Breite Bode			Flesch	
		$\bar{x}$	Max	Min	$\bar{x}$	Max	Min	$\bar{x}$	Max	Min	$\bar{x}$	Max	Min	$\bar{x}$
Ammonium-N	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	150	200	100	200	350	100	300	800	100	110	150	50	< 5
Nitrat-N	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$	45	80	25	45	65	20	40	40	25	55	100	25	40
Phosphat-P	$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ )	15	25	5	< 5	< 5	< 5	35	70	10	< 5	< 5	< 5	10
TAC	( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	2.20	3.00	1.68	2.04	2.76	1.32	3.56	4.92	2.04	1.44	1.80	1.20	1.80
Gesamthärte/ <i>Dureté totale</i>	(° F)	2.15	2.20	2.10	1.85	1.90	1.85	2.40	3.20	1.60	1.30	1.55	1.20	1.20
KMnO <sub>4</sub> -Verbr./ <i>Diffusion</i> <i>du KMnO<sub>4</sub></i>	( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	101	–	–	43	–	–	180	–	–	33	–	–	–
Leitfähigkeit														
<i>Conductibilité électrique</i>	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	13.9	14.5	13.2	11.7	13.0	10.3	31.8	37.0	26.5	8.5	10.5	6.4	8.2
pH-Wert		6.00	6.25	5.70	5.50	5.60	5.30	6.30	6.90	5.90	5.55	5.60	5.40	5.50
Licht:														
Extinktionskoeffizient														
<i>Lumière, coefficient</i> <i>d'extinction</i>	ln Einh.·cm <sup>-1</sup> )	.037	.045	.030	.024	.035	.017	.15	.43	.035	.024	.033	.019	–

Tab. 2. Mittelwerte ( $\bar{x}$ ), Maxima (Max) und Minima (Min) von chemischen und physikalischen Parametern der untersuchten Tümpel. TAC = Total anorgan. Kohlenstoff; T = Tümpel.*Valeur moyennes ( $\bar{x}$ ), maxima (Max) et minima (Min) de quelques paramètres physiques et chimiques des étangs étudiés. TAC = carbone inorganique total; T = étangs.*

### Leitfähigkeit:

Im Grossen Putz, im Sparganium-, Breite Bode- und Flesch-Tümpel betrug die Leitfähigkeit im Mittel  $10 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; die maximalen Schwankungen waren mit  $\pm 2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  sehr gering. Eine Ausnahme bildete der Rinder-Tümpel mit einer mittleren Leitfähigkeit von  $32 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  und Schwankungen von  $\pm 6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Tab. 2).

### Lichtabsorption:

Die vertikale Extinktion von Licht in Wasser wird mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet (SCHANZ, 1982):

$$I_z = I_0 \cdot e^{-k \cdot z},$$

$I_z$  = Lichtintensität in der Tiefe  $z$ ;  $I_0$  = Lichtintensität unmittelbar unter der Oberfläche;  $k$  = vertikaler Extinktionskoeffizient. Mit den von uns verwendeten Messgeräten bestimmten wir den vertikalen Extinktionskoeffizienten der photosynthetisch aktiven Strahlung im Bereich 400 bis 700 nm. Der Koeffizient  $k$  setzt sich aus den Komponenten  $k_w$  (Extinktion in reinem Wasser),  $k_g$  (gelöste Substanzen) und  $k_p$  (partikuläres Material) zusammen (UHLMANN, 1982):

$$k = k_w + k_g + k_p.$$

Die in Tab. 2 enthaltenen Extinktionskoeffizienten sind – verglichen mit den Daten aus dem Zürichsee (SCHANZ, 1982) – sehr hoch. Beim Grossen Putz, Sparganium- und Breite Bode-Tümpel wurden sie hauptsächlich durch die im Wasser gelösten Huminstoffe bestimmt, da meist geringe Planktondichten vorkamen. Entsprechend der stärkeren Eigenfärbung des Wassers ist der mittlere Extinktionskoeffizient beim Grossen Putz am grössten ( $0.037\cdot\text{cm}^{-1}$ ; Sparganium- und Breite Bode-Tümpel:  $0.024\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Im Gegensatz zu den drei erwähnten Gewässern, zeigte der Rinder-Tümpel einen starken Anstieg des vertikalen Extinktionskoeffizienten während der Vegetationsperiode (von  $0.035$  bis  $0.43\cdot\text{cm}^{-1}$ ); dies ist hauptsächlich auf die enorme Erhöhung der Planktondichte im Verlaufe des Sommers zurückzuführen (Abschnitt «Algen: Phytoplankton»).

### *Chemische Eigenschaften*

Als Folge des Eintrags von Abwasser durch weidendes Vieh sind verschiedene Parameter im Rinder-Tümpel (Tab. 2: z.B. Ammo-

nium, Phosphat,  $\text{KMnO}_4$ -Verbrauch) stark erhöht. In den folgenden Abschnitten soll darauf nicht mehr besonders eingegangen werden.

Stickstoff ( $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ;  $\text{NO}_3^-$ ):

Im Flesch-Tümpel konnte kein Ammonium gefunden werden. Die übrigen Gewässer zeigten einen wesentlich höheren Ammonium- als Nitrat-Gehalt; es scheint, dass die Nitrifikation gehemmt ist.

Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):

Breite Bode- und Sparganium-Tümpel wiesen Phosphat-Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze auf. Im Grossen Putz stieg der Phosphatgehalt während des Sommers 1980 leicht an (von 5 auf  $25 \mu\text{g P/l}$ ); dies ist auf die Rinderweide zurückzuführen.

TAC, Gesamthärte, pH-Wert:

Der Gehalt an gelöstem anorganischen Kohlenstoff (TAC) und die Gesamthärte waren sehr niedrig, was mit der Geologie des Gebietes (Abschnitt «Geologie; Untergrund der Tümpel») und den Zuflussverhältnissen zusammenhängt. Die Tümpel werden nur durch direkten Niederschlag gespiesen (Regen, Schnee, Tau), dessen pH-Werte von 5.4 noch wenig durch Säure beeinflusst war (WIEDERKEHR & TRIPET, 1983). Der pH-Wert der Tümpelwässer unterschritt 5 nie; erst unterhalb dieser Schwelle spricht man von versauerten Gewässern (WRIGHT & HENRIKSEN, 1978).

## BLÜTENPFLANZEN UND ALGEN

Alle Tümpel waren am 25. Juni 1980 noch schneebedeckt, eine Woche später jedoch bereits schneefrei. Am 10. Oktober froren die stehenden Gewässer zu.

### Blütenpflanzen

Grosser Putz:

Die Blätter des Igelkolbens (*Sparganium angustifolium*) erschienen Anfang August 1980 an der Oberfläche des Tümpels; die Pflanzen begannen jedoch erst Mitte September zu blühen. Im August wurden kleine Nester von Frühlingswasserstern (*Callitriche palustris*) beobachtet.

a)

Stamm	Grosser Putz	Sparganium-Tümpel	Rinder-Tümpel	Breite Bode	Flesch
Cyanophyta	Pseudanabaena sp.	Chroococcus turgidus Merismopedia sp.	Oscillatoria brevis Pseudanabaena sp.	<i>Chroococcus turgidus</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>
Chromophyta Chlorophyta Chlorophyceae	Dictyosphaerium sp.	Dictyosphaerium sp.	Bulbochaete sp.	Gymnodinium sp. Dictyosphaerium sp.	Eremosphaera viridis
Conjugatophyceae	<i>Oedogonium</i> sp.	<i>Oocystis</i> sp.	<i>Oedogonium</i> sp.		
	<i>Scenedesmus</i> sp.		<i>Scenedesmus</i> sp.		
	Arthrodesmus incus Closterium incurvum Mougeotia sp.	<i>Arthrodesmus incus</i> Cosmarium globosum Cylindrocystis crassa	Closterium incurvum	Euastrum didelta E. elegans Penium spinospermum P. navicula	Cylindrocystis crassa Cosmarium meneghini <i>Euastrum didelta</i>
	Spondylosium sp.	Euastrum elegans  <i>E. didelta</i> <i>Penium</i> <i>crassiusculum</i>		Spirotaenia sp. Spondylosium sp.	Gymnozyga moniliformis <i>Netrium digitus</i> Spirotaenia condensata  <i>Xanthidium armatum</i>

b)

Artenzahl	43	47	30	60	56
Anteil Desmidiaceen	17	26	13	35	28
Desmidiaceen in % der Artenzahl	40	55	43	58	50

Tab. 3. Benthische Algenarten der fünf untersuchten Teiche:

a) Regelmässig vorkommende sowie häufig dominante Arten. Die dominanten Arten sind kursiv geschrieben.

b) Zahl der gefundenen Arten und Anteil der Desmidiaceen.

*Les algues benthiques des cinq étangs étudiés:*a) *Espèces régulièrement présentées et espèces souvent dominantes (en italique).*b) *Nombres d'espèces trouvées et proportions des Desmidiacées.*

### Sparganium-Tümpel:

Ende Juli erschienen die ersten Blätter des Igelkolbens an der Oberfläche und bis Mitte August stieg der Deckungsgrad bis ca. 70 % an.

### Rinder-Tümpel:

Der Tümpel wies viele kleine Borstgras-Inselchen (*Nardus stricta*) auf, hatte jedoch keine eigentlichen Wasserpflanzen.

### Breite Bode-Tümpel:

Die Ufervegetation bestand aus Borstgras, der Braunen Segge (*Carex fusca*) und der Schnabel-Segge (*Carex rostrata*). Ende August bedeckten die Blätter des Igelkolbens einen grossen Teil der Gewässer-oberfläche.

### Fleisch-Tümpel:

Sehr verbreitet war das Torfmoos (*Sphagnum*); an verschiedenen Stellen gediehen Fiebertee (*Menyanthes trifoliata*), Scheiden-Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) und die Braune Segge.

## Algen

### *Benthische Algen*

Proben wurden dort entnommen, wo ein grünlicher Überzug auf dem Tümpelgrund sichtbar war. Im Labor erstellten wir eine Artenliste und bezeichneten dominante Arten oder Artengruppen. In Tab. 3a sind die regelmässig vorhandenen sowie die häufig dominanten Arten aufgeführt (vollständige Artenlisten bei SCHNEIDER, 1981). Eine grosse Bedeutung kommt in allen Tümpeln den Desmidiaceen zu, von denen einige Vertreter in Abb. 2 zu sehen sind. Nach NYGAARD (1949) sollte sich eine fortschreitende Eutrophierung in

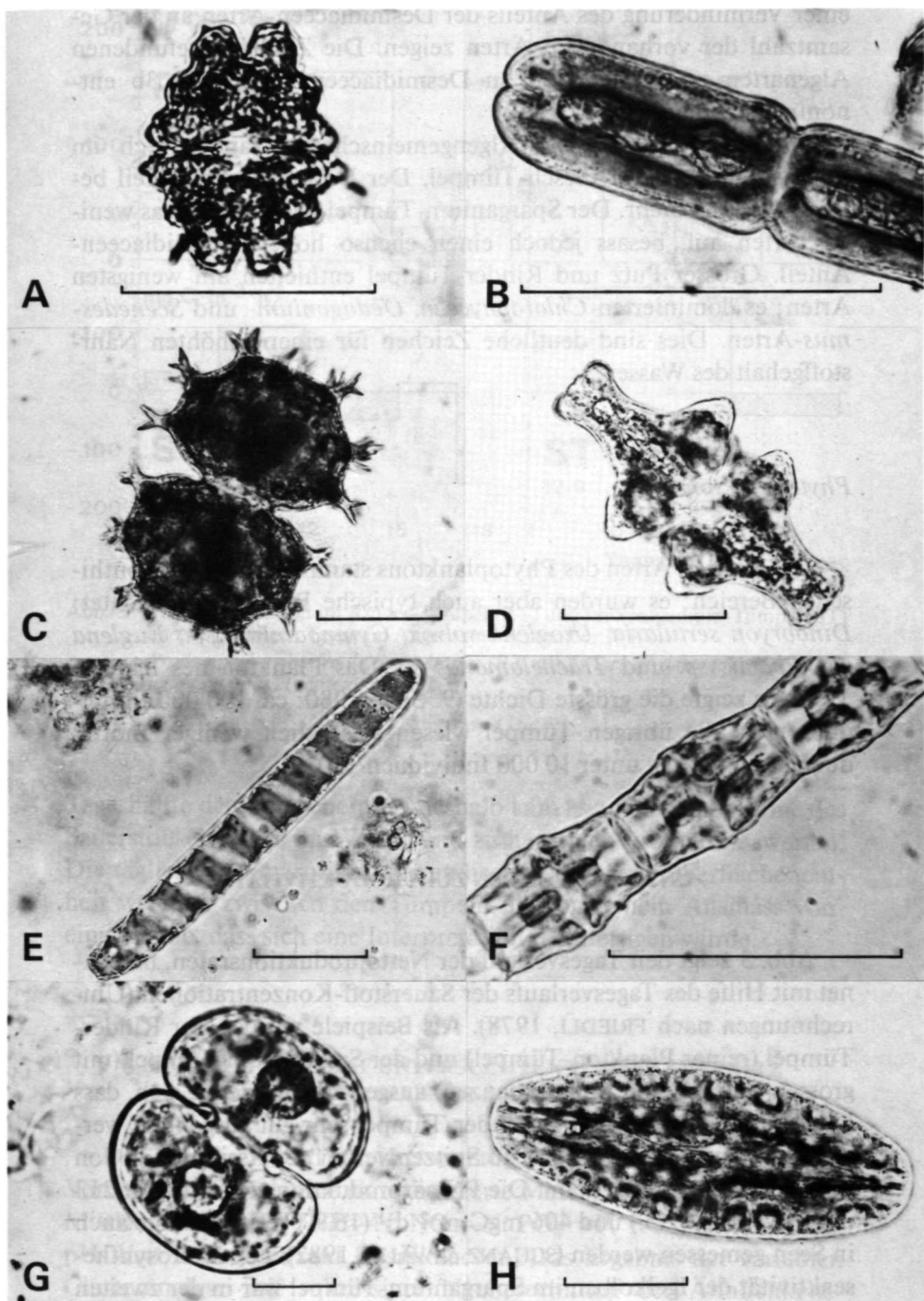
Abb. 2. Einige Desmidiaceen-Arten (Zieralgen).

*Quelques algues de la famille des Desmidiacées.*

A) *Euastrum denticulatum*; B) *Tetmemorus laevis*; C) *Xanthidium armatum*; D) *Euastrum insigne*; E) *Spirotaenia condensata*; F) *Gymnozyga moniliformis*; G) *Cosmarium* sp.; H) *Netrium digitus*; Massstab der Abb. A, B, C, D, E, F, und H = 50  $\mu\text{m}$ ; G = 10  $\mu\text{m}$ .

*Dimensions pour A, B, C, D, E, F, et H = 50  $\mu\text{m}$ ; pour G = 10  $\mu\text{m}$ .*





einer Verminderung des Anteils der Desmidiaceen-Arten an der Gesamtzahl der vorhandenen Arten zeigen. Die Zahl der gefundenen Algenarten und der Anteil an Desmidiaceen kann Tab. 3b entnommen werden.

Artenreiche benthische Algengemeinschaften fanden sich im Breite Bode- und im Flesch-Tümpel. Der Desmidiaceen-Anteil betrug 50 % und mehr. Der Sparganium-Tümpel wies zwar etwas weniger Arten auf, besass jedoch einen ebenso hohen Desmidiaceen-Anteil. Grosser Putz und Rinder-Tümpel enthielten am wenigsten Arten; es dominierten *Chlorophyceen*, *Oedogonium*- und *Scenedesmus*-Arten. Dies sind deutliche Zeichen für einen erhöhten Nährstoffgehalt des Wassers.

### *Phytoplankton*

Die meisten Arten des Phytoplanktons stammten aus dem benthischen Bereich; es wurden aber auch typische Plankter beobachtet: *Dinobryon sertularia*, *Uroglana volvox*, *Gymnodinium sp.*, *Euglena sp.*, *Phacus sp.* und *Trachelomonas sp.* Das Plankton des Rinder-Tümpels zeigte die grösste Dichte (9. Sept. 1980: ca. 100 000 Individuen/ml); alle übrigen Tümpel wiesen wesentlich weniger Individuen auf (Maxima unter 10 000 Individuen/ml).

## UNTERSUCHUNGEN ZUR PRODUKTIVITÄT

Abb. 3 zeigt den Tagesverlauf der Nettoproduktionsraten, berechnet mit Hilfe des Tagesverlaufs der Sauerstoff-Konzentrationen (Umrechnungen nach FRIEDLI, 1978). Als Beispiele wurden der Rinder-Tümpel (reiner Plankton-Tümpel) und der Sparganium-Tümpel (mit grossen Mengen von Blütenpflanzen) ausgewählt. Es zeigte sich, dass hohe Lichtintensitäten vom Rinder-Tümpel sehr gut ausgenützt werden konnten und es zeitweise zu Spitzenwerten der Assimilation von über  $500 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$  kam. Die Primärproduktion erreichte mit  $213 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (22.8.) und  $406 \text{ mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (16.9.) Werte, wie sie auch in Seen gemessen werden (SCHANZ & WÄLTI, 1982). Die Photosyntheseaktivität der Igelkolben im Sparganium-Tümpel war in der zweiten

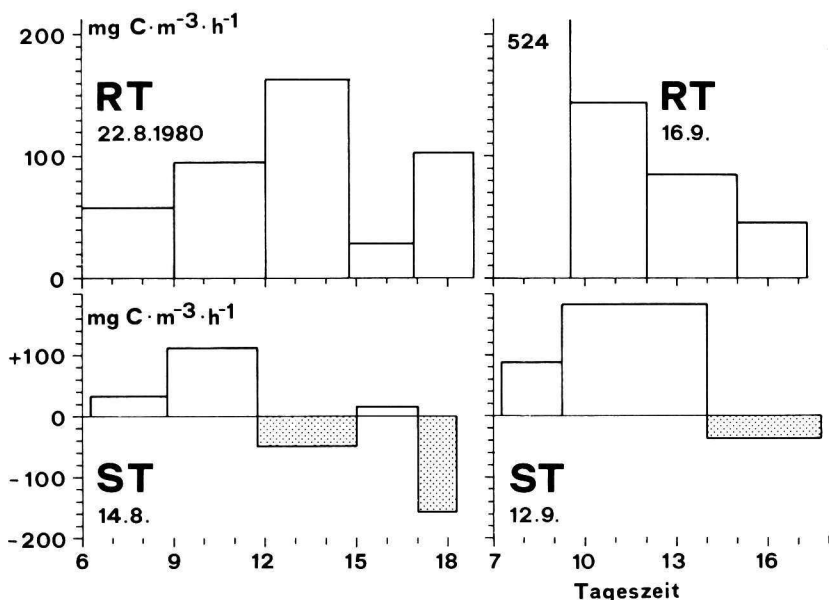


Abb. 3. Primärproduktion im Rinder-Tümpel (RT) und im Sparganium-Tümpel (ST) an zwei sonnigen Tagen im August und September 1980.

*Productivité primaire de deux étangs (RT et ST) lors de deux journées ensoleillées d'août et septembre 1980.*

Tageshälfte deutlich gehemmt; deshalb kam es zu einer Abnahme des Sauerstoff-Gehaltes im Wasser und zu negativen Produktionswerten. Die täglichen Primärproduktionen bezogen auf eine Flächeneinheit weichen zwischen den Tümpeln nicht in einem Ausmass voneinander ab, dass sich eine Interpretation rechtfertigen würde.

#### VERGLEICH DER FÜNF UNTERSUCHTEN TÜMPEL MIT HILFE DER CLUSTER-ANALYSE

Das Verfahren wird von LAUSCHER (1974) eingehend beschrieben. Vorerst erstellte ich eine standardisierte Matrix folgender Parameter: Mittlere Tiefe,  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ , TAC, Leitfähigkeit, pH-Wert und Artenzahl Desmidiaceen. Das Ergebnis der variablen Clusteranalyse mit sukzessiver Neuberechnung der Ähnlichkeits-

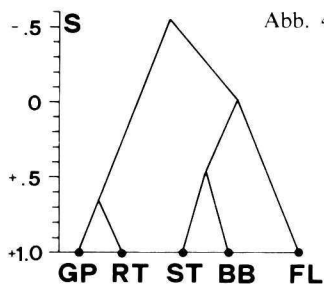


Abb. 4. Graphische Darstellung einer Clusteranalyse mit acht Merkmalen (Ammonium-N, Nitrat-N, Phosphat-P, TAC, Leitfähigkeit, pH-Wert, Artenzahl Desmidiaceen, mittlere Tiefe): Hierarchische Anordnung des Grossen Putz (GP), des Rinder- (RT), Sparganium- (ST) Breite Bode- (BB) und des Flesch-Tümpels (FL). S = Ähnlichkeitskoeffizient.

*Représentation graphique d'une analyse multivariable comparant huit caractéristiques des étangs (rapport ammonium-azote; nitrate-azote; phosphate-phosphore; carbone inorganique total; conductibilité électrique; pH; nb. d'espèces de Desmidiacées; profondeur moyenne). Distribution ordonnée des différents étangs. S = coefficient de similitude.*

Matrix zeigt Abb. 4. Nach den Angaben der Abschnitte «Physikalische und chemische Eigenschaften» sowie «Blütenpflanzen und Algen» dürfte eine nahe Verwandtschaft von Sparganium-, Breite Bode- und Flesch-Tümpel erwartet werden. Überraschend ist die grosse Ähnlichkeit zwischen dem Grossen Putz und dem Rinder-Tümpel, die durch einen negativen Koeffizienten von den übrigen Tümpeln getrennt sind. Die Ursache dafür ist vermutlich die Tatsache, dass beide Tümpel zeitweise stark durch das Abwasser von Rindern beeinflusst wurden.

## Danksagung

Herr Prof. Dr. E.A. Thomas unterstützte die vorliegende Arbeit in verschiedener Beziehung. Die chemischen und physikalischen Bestimmungen besorgte Herr B. Guggenbühl. Herr Dr. U. Halder und Herr Dr. P. Luder stellten bereitwillig die Infrastruktur des Zentrums des SBN auf der Riederfurka für Forschungsarbeiten zur Verfügung.

## Zusammenfassung

Fünf Tümpel in der Region Riederalp-Greicheralp wurden von 1976 bis 1982 chemisch und biologisch untersucht. Beobachtungen zur quantitativen und qualitativen Entwicklung von Blütenpflanzen und Algen stammen aus der Vegetationsperiode 1980. Es zeigte sich, dass Tümpel ebenso produktiv wie Seen sein können und Unterschiede im Tagesverlauf der Photosyntheseaktivität zwischen reinen Plankton-Tümpeln und solchen mit Blütenpflanzen beträchtlich sind. Zwei Gewässer, die während des Sommers durch das Abwasser von Rindern verschmutzt wurden, waren von den übrigen Tümpeln deutlich verschieden.

## Literaturverzeichnis

- CERNY, A. 1948. *Zur Dynamik von Seichtgewässern*. Schweiz. Z. Hydrol. 10, 4: 1-17.
- FRANZ, H. 1979. *Ökologie der Hochgebirge*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 495 S.
- FRIEDLI, P. 1978. *Die Tages- und Jahresprimärproduktion des Bielersees unter Berücksichtigung der Extrapolation von Kurzzeitmessungen, der Biomasse, des Chlorophylls und der Einstrahlung*. Selbstverlag, Bern. 384 S.
- LAUSCHER, D. 1974. *Einführung in die numerische Taxonomie*. VEB G. Fischer Verlag, Jena. 138 S.
- MESSIKOMMER, E. 1972. *Beitrag zur Kenntnis der Algenflora und der Algenvegetation des Hochgebirges um Davos*. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz 24: 1-452.
- 1951. *Grundlagen zu einer Algenflora des Kantons Glarus*. Mitt. Naturforsch. Ges. Kantons Glarus 8: 1-122.
- NYGAARD, C. 1949. *Hydrobiological study on some Danish ponds and lakes*. Kong. Dan. Vidensk. Selsk. 7: 1-263.
- PESTA, O. 1935. *Kleingewässerstudien in den Ostalpen*. Arch. Hydrobiol. 29: 296-345.
- 1952. *Biologische Beobachtungen an einigen Hochgebirgstümpeln der Kitzbühler Alpen (Tirol)*. Sitzungsber. Osterr. Akad. Wiss., Abt. 1, 161/6: 329-332.
- SCHANZ, F. 1982. *Light conditions in Lake Zurich 1979-1981. Part I: Secchi disk transparency*. Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich 127, 4: 357-367.
- 1983. *Zur Ökologie der Algen in Quellbächen des Schweizerischen Nationalparks (von Buffalora bis Il Fuorn)*. Ergeb. wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark 16, 81: 47-138.
- SCHANZ, F. und K. WÄLTI, 1982. *Primary productivity in freshwater environments*. CRC Handbook of Biosolar Resources, Vol. 1, Part 2: 389-394.
- SCHNEIDER, M. 1981. *Limnologische Untersuchungen an vier Tümpeln im Aletschgebiet (VS)*. Diplomarbeit Universität Zürich (unpubliziert).
- UHLMANN, D. 1982. *Hydrobiologie*. G. Fischer Verlag, Stuttgart. 315 S.
- WIEDERKEHR, P. und I. TRIPET, 1983. *Saurer Regen in der Schweiz*. NZZ 131: 63.
- WRIGHT, R.F. und A. HENRIKSEN, 1978. *Chemistry of small Norwegian lakes, with special reference to acid precipitation*. Limnol. Oceanogr. 23: 487-498.
- ZBINDEN, P. 1949 *Geologisch-petrographische Untersuchungen im Bereich südlicher Gneise des Aarmassivs (Oberwallis)*. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 29, 2: 221-356.

